

# EUROPEAN PATENT OFFICE

U 016496-9

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06140234  
PUBLICATION DATE : 20-05-94

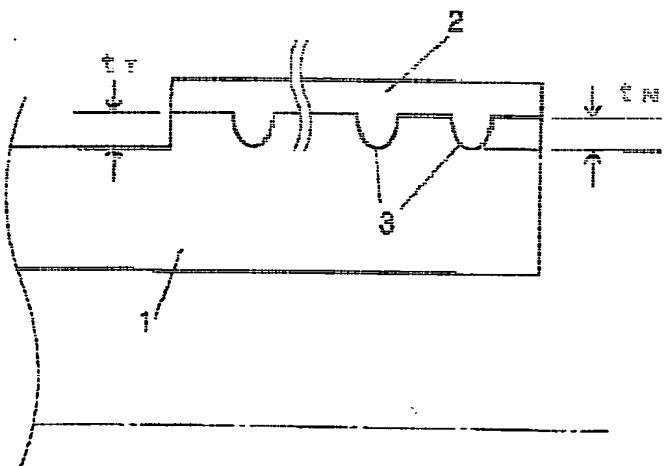
APPLICATION DATE : 23-10-92  
APPLICATION NUMBER : 04309639

APPLICANT : SUMITOMO HEAVY IND LTD;

INVENTOR : YAMADA YUTAKA;

INT.CL. : H01F 5/08 H01B 12/02 H01B 13/00

TITLE : OXIDE HIGH TEMPERATURE  
SUPERCONDUCTOR CURRENT LEAD



**ABSTRACT :** PURPOSE: To suppress heat generation when current is applied by decreasing the contact resistance between an oxide high temperature superconducting material and a metal electrode, to obtain an electrode part which is durable for thermal cycling, and to improve the efficiency of an oxide high temperature superconducting current lead.

CONSTITUTION: Before formation of an electrode on an oxide high temperature superconducting material using a silver powder flame-spraying method, suitable-shaped grooves 3 are provided on the surface to be flame-sprayed, contact resistance is decreased by the increase in anchor effect, and the exfoliation of the flame-spraying material caused by thermal cycle can be prevented. The thickness of the part to be groove-cut of the superconducting material is increased, and the decrease in mechanical strength due to groove cutting or the decrease in conductive current is prevented. A thinly-formed silver tube, on which screw-like protrusions and recesses are provided, is press-bonded to the closely fixed surface of electrode material, the electrode on the outside of the cylinder is jointly used, and the increase in contact area is accomplished.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-140234

(43)公開日 平成6年(1994)5月20日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>H 01 F 5/08  
H 01 B 12/02  
I 3/00識別記号 広内整理番号  
Z A A E 4231-5E  
Z A A 7244-5G  
5 6 5 D 7244-5G

F I

技術表示箇所

## 審査請求 未請求 請求項の数5(全4頁)

(21)出願番号

特願平4-309639

(22)出願日

平成4年(1992)10月23日

(71)出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都千代田区大手町二丁目2番1号

(72)発明者 山田 豊

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号住友重機  
械工業株式会社平塚研究所内

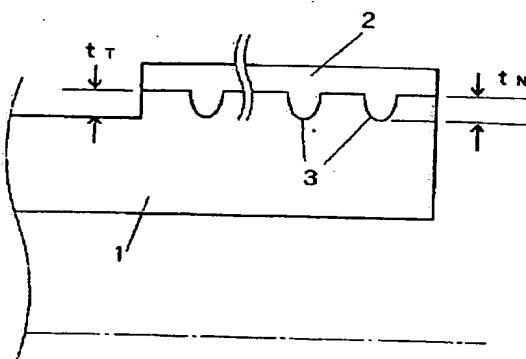
(74)代理人 弁理士 豊田 正雄

(51)【発明の名称】酸化物高温超電導体電流リード

## (57)【要約】

【目的】酸化物高温超電導体と金属電極との接触抵抗を低減して、通電時の発熱を抑え、熱サイクルに耐久性のある電極部を得て酸化物高温超電導体電流リードの性能の向上を図る。

【構成】酸化物高温超電導体に銀粉末溶射法で電極を形成する前に、被溶射面に適当な形状の溝を設けて、表面積の増大と溶射材のアンカー効果の増大によって接触抵抗を低減し、熱サイクルに起因する溶射材の剥離を防止する。溝加工する部分の超電導体の肉厚を増し、溝加工による、機械的強度の低下、あるいは通電電流の減少を抑制する。円筒形状の超電導体の円筒内側に、薄肉銀管を用いて、電極材料の密巻面にネジ状の凹凸を設けた薄肉銀管を圧着し、円筒外側の電極と併用することにより、接触面積の増加を図る。



(2)

特開平6-140234

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】薄肉筒形状を有する酸化物高温超電導体電流リードにおいて、薄肉筒形状の酸化物高温超電導体の電極形成面に溝を設け、該電極形成面に金属溶射による電極が形成されていることを特徴とする酸化物高温超電導体電流リード。

【請求項2】前記電極形成面部の肉厚が前記薄肉筒形状の酸化物高温超電導体の非電極形成部の肉厚より前記溝の深さ以上の厚さを有することを特徴とする請求項1記載の酸化物高温超電導体電流リード。

【請求項3】前記溝が滑らかな面で構成され、かつ溝幅が銀溶射用粉末の粒径以上であることを特徴とする請求項1乃至2記載の酸化物高温超電導体電流リード。

【請求項4】前記溝が、該酸化物高温超電導体電流リードの端部方向に向かう深度傾斜を備えていることを特徴とする請求項1乃至3記載の酸化物高温超電導体電流リード。

【請求項5】薄肉筒形状を有する酸化物高温超電導体電流リードにおいて、少なくとも該薄肉筒形状を有する酸化物高温超電導体電流リードの内側の電極形成面に溝を設け、該電極形成面に銀の薄肉からなる電極を設けたことを特徴とする酸化物高温超電導体電流リード。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、酸化物高温超電導体を用いた電流リードに形成する電極部に関する。

【0002】

【従来の技術】酸化物超電導体を電流リード導体として利用する際、外部と接続するために電極形成が不可欠である。超電導体の抵抗がほぼゼロで作動させることができるとする特性を安定的に生かすため、接触抵抗が極めて低く、ジュール熱を抑えた電極を形成する方法の改良が重ねられている。

【0003】従来、金、銀等の極低温下で抵抗が小さく、かつ、加熱によっても酸化物超電導体を変質させない金属材料を用いて電極形成が行われている。このような金属の箔を酸化物超電導体に巻き付けて冷間静水圧加圧等により圧着し、熱処理する方法が知られている。またペースト状の金属材料を酸化物超電導体に塗布する方法、粉末の金属材料を溶射する方法により金属の膜を形成して熱処理する方法が考案されている。

【0004】金属箔を圧着する方法は、接触抵抗に改善が見られるものの、超電導体に対する密着性が悪く、電極膜剥離を起こしやすい。ペースト状の金属材料を塗布する方法は、充分な導電性が得られなかつた。そのなかで、銀粉末を溶射する方法は、超電導体と形成した電極との接触抵抗をかなり低減することが可能な方法である。

【0005】円筒形状の超電導体を用いて、円筒内側に電極を形成する場合、溶射法は利用できないため、テー

プあるいは管などの薄板材料を圧着している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、低抵抗で酸化物超電導体に対して化学的に安定な金属を用いて電極を形成する方法としていろいろ試みられている。特に銀粉末を溶射して電極を形成する方法は、電極膜と超電導体との密着性が改善されている。

【0007】しかし、酸化物超電導体電流リードに大電流を流して給電を行う際には、銀粉末を溶射して形成した電極であっても接触抵抗が不十分なことがある。単に超電導体に溶射する方法では、形成された電極の特性にばらつきが大きく、接触抵抗に変動があることも一因である。

【0008】超電導状態と常電導状態の間の昇降温の熱サイクルの繰り返し、ハンダ付けによる熱サイクルにより、酸化物超電導体と銀との熱膨張率の差に起因する電極膜剥離が起こる恐れがある。熱サイクルにより電極膜に部分剥離が起こり、密着性、接触面積の低下が接触抵抗の上昇を招く。それが、ジュール発熱の増加を引き起こして剥離をさらに促進することとなる。

【0009】円筒形状の超電導体は、他の形状に比べて臨界電流密度が大きい特性を有し、外周とともに円筒内側にも電極を形成し、接触面積の増加が図られるため、大電流供給を行う電流リードに向いている。しかし、銀粉末溶射法は、円筒内側の電極形成には利用できないため、円筒内側に設ける電極は、接触抵抗に問題が残っている。

【0010】本発明は、酸化物高温超電導体と金属電極との接触抵抗を低減して、通電時の発熱を抑え、熱サイクルに耐久性のある電極部を得て酸化物高温超電導体電流リードの性能の向上を図ることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明では、酸化物高温超電導体に電極を形成する方法には、低接触抵抗を得られる銀粉末溶射法を採用する。超電導体の被溶射面に適当な形状の溝を設けて、表面積の増大と溶射材のアンカー効果の増大によって接触抵抗を低減し、熱サイクルに起因する溶射材の剥離を防止する。

【0012】溝を設けた部分では超電導体の断面積が減少し、溝加工しないものと比較すると、機械的強度の低下、あるいは通電電流の減少が認められる。そこで溝加工する部分の肉厚を増し、断面積をリード全体で一定にさせる。

【0013】円筒形状の超電導体を用いて、円筒内側に電極を形成する場合は、薄肉銀管を用いて、電極材料の密着面にネジ状の凹凸を設け、密着性を改善する。円筒外側の電極と併用することにより、接触面積の増加を図ることが出来る。

【0014】図1に、本発明の酸化物高温超電導体電流

(3)

特開平6-140234

3

リードの一例の断面図を示す。酸化物高温超電導体には、高臨界電流密度特性が得られる薄肉円筒形状に成形したBi系酸化物の焼結体を用いて、両端に銀を溶射し、銀溶射電極部を形成している。

【0015】図2に、電流リードの溶射電極部の一例の断面拡大図を示す。肉厚 $t_1$ の超電導体の被溶射面に、深さ $t_2$ 、幅 $W_1$ の溝を設ける。設ける溝は、U字状等、溝の底が鋭いノッチにならない形状で、深さと超電導体の肉厚との関係は $t_2/t_1 < 0.8$ とし、溝の幅 $W_1$ は溶射金属粉末の粒径 $W_0$ よりも充分大きいものとする。図2に示した例では、溝は一様の深さ、形状で設けられている。

【0016】図3に、電流リードの溶射電極部の他の一例の断面拡大図を示す。この例では超電導体の端部から長手軸方向に向かって、設ける溝の深さ $t_3$ を段階的に浅くしている。一様の深さの溝を設ける場合と比較すると、溝による超電導体の断面積の減少を抑制する効果がある。

【0017】図1から図3に示したように、薄肉円筒形状の超電導体に溝加工をするだけでは、機械的強度の低下がおこり、溝により超電導体の実質的な肉厚が小さくなる。超電導体の断面積が減少するため、通電電流が減少する。

【0018】そこで、図4～図5にあるように、超電導体の被電極形成部の肉厚を、導体部分に比べて増し、溝に尋ねる超電導体の実質的な肉厚を補う。図4は本発明の酸化物高温超電導体電流リードの他の一例の断面図である。図5は、図4の電流リードの電極部の断面拡大図である。図5の断面拡大図にあるように、酸化物高温超電導体の電極部に、溝の深さ $t_4$ 以上の大さの肉厚 $t_5$ を増して、肉厚の増加分 $t_4 > t_5$ の深さの溝を設ける。肉厚の増加分があるため、溝を加工しても、電極部の断面積は、導体部分と変わらず、通電電流の減少が抑えられる。

【0019】図4～図5の超電導体のような肉厚を得る方法としては、電極部に粉末を厚く充填して成形、焼結する方法、厚肉品を作製してから、非電極部を機械加工により切除して薄肉にする方法、あるいはドクターブレード法等により作製した薄板を電極部に巻き付ける方法等が考えられる。

【0020】図6は、本発明の酸化物高温超電導体電流リードの他の一例の断面図で、図7は、図6の電流リードの電極部の断面拡大図である。電流リードに円筒形状の酸化物超電導体を用いる場合、円筒内側に溶射法で電極形成が出来ない。円筒内側に電極を形成する場合は、銀テープあるいは薄肉銀管のような薄肉材料を用いている。本発明では、薄肉銀管の外側の電極形成面にネジ状

や複数の輪状の凹凸を加工してから、密着させて電極部とする。超電導体と電極の密着性が改善される。また、円筒外周に設ける電極と円筒内側に設ける電極を併用することにより、接触面積が倍になるため、接触抵抗が低減し、発熱部の発熱が抑えられる。

【0021】

【発明の効果】上記のように本発明の酸化物高温超電導体電流リードによれば、溶射法で形成される電極と超電導体との密着性が改善する。超電導状態と常電導状態間の昇降温の熱サイクルやハンダ付けの熱サイクルに対して、溝によるアンカー効果が強いため、溶射金属は剥離しにくくなる。溶射法で形成した電極部に対し、液体窒素温度77Kで $10^{-8} \Omega \text{cm}^2$ の接触抵抗が、剥離や密着性のばらつきもなく安定して得られる。

【0022】溝を設けるにあたり、超電導体の電極形成部の肉厚を増して対処することにより、実質的な断面積の減少もなく、機械的強度の低下を抑えることが出来る。

【0023】円筒形状の超電導体に対して、円筒内側に電極を形成する際も電極材に溝を設けることにより、超電導体と電極との密着性が増す。円筒の外側、内側の両方に密着性の優れた電極を形成することにより、接触面積が増大し、接触抵抗を低減することが出来る。

【0024】本発明の酸化物高温超電導体電流リードは、接触面積を大きくし、電極膜の剥離を抑止できるため、発熱を抑えて、通電電流を増し、熱サイクルや長期間の断続使用の信頼性が向上する等の効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の酸化物高温超電導体電流リードの一例の断面図である。

【図2】本発明の酸化物高温超電導体電流リード電極部の一例の断面拡大図である。

【図3】本発明の酸化物高温超電導体電流リード電極部の他の一例の断面拡大図である。

【図4】本発明の酸化物高温超電導体電流リードの他の一例の断面図である。

【図5】本発明の酸化物高温超電導体電流リード電極部の他の一例の断面拡大図である。

【図6】本発明の酸化物高温超電導体電流リードの他の一例の断面図である。

【図7】本発明の酸化物高温超電導体電流リード電極部の他の一例の断面拡大図である。

【符号の説明】

1 酸化物高温超電導体

2 銀溶射電極部

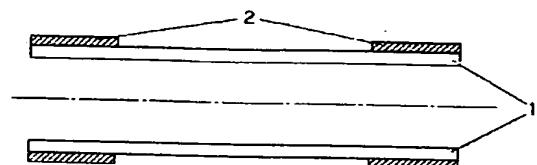
3 溝

4 薄肉銀管

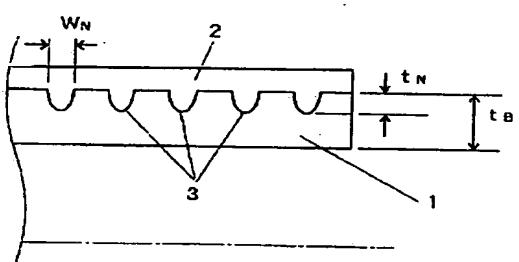
(4)

特開平6-140234

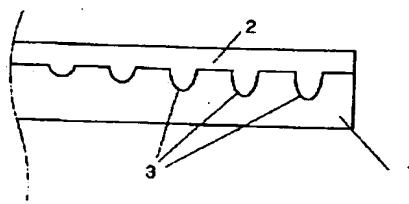
【図1】



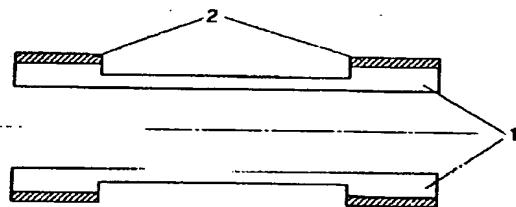
【図2】



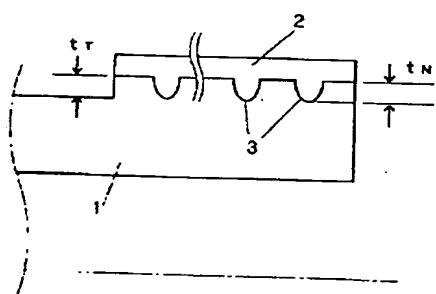
【図3】



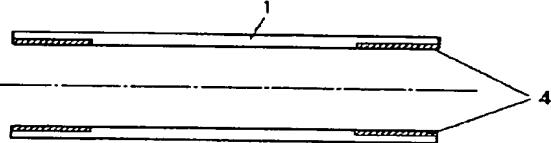
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

